

УДК 576.895.122 : 594.3

ВЛИЯНИЕ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ
И ВОЗДЕЙСТВИЯ АЗОТНОКИСЛЫМ СВИНЦОМ
НА ЛЕГОЧНОЕ И КОЖНОЕ ДЫХАНИЕ *LYMNAEA STAGNALIS*
(MOLLUSCA: LYMNAEIDAE)

© А. П. Стадниченко, Н. Н. Сластенко,
О. В. Гузенко, Н. Н. Свительский, А. С. Сычевский

Исследовано влияние трематодной инвазии и различных концентраций (15, 50, 85 мг/л) азотнокислого свинца на особенности легочного и кожного дыхания прудовика озерного, подвергнутого двухкратному отравлению (2 сут и сутки, перерыв 7 сут) соответственными концентрациями токсиканта.

Защитно-приспособительные изменения (уменьшение интервалов между „вдохами” и увеличение продолжительности последних) отмечены только при 15 мг/л азотнокислого свинца в среде. У зараженных особей они выражены намного слабее, чем у свободных от инвазии. При 50 и 85 мг/л токсиканта наблюдается прогрессирующее угнетение всех показателей как легочного, так и кожного дыхания, которое проявляется ранее и в большей степени при наличии инвазии, особенно средней и тяжелой тяжести. Адаптации прудовика озерного к повторным отравлениям не обнаружено.

В последние десятилетия условия среды в природных и искусственных водоемах, локализованных в пределах техносфера, весьма далеки от оптимальных для гидробионтов. Это обусловлено прогрессирующими загрязнением их неочищенными или недостаточно очищенными промышленными стоками. Среди загрязняющих агентов, входящих в состав последних, все большее внимание привлекают ионы тяжелых металлов, в том числе и Pb^{2+} , длительно сохраняющиеся в среде и высокотоксичные для гидробионтов. Хотя сбрасывание стоков регламентируется и концентрация его в водах, предназначенных для санитарно-гигиенического использования не должна превышать 0.1 мг/л (ПДК), количество этого токсиканта в природных водах нередко несколько, а иногда и значительно превышает ПДК. Так, в бассейне среднего Днепра в местах залповых выбросов промышленных стоков концентрация Pb^{2+} составляет нередко 20–55 ПДК. В сточных водах Днепропетровского коксохимического завода Pb^{2+} обнаружен (Лубянов, 1975) в количестве 1.97–5.52 мг/л. Вредное же воздействие Pb^{2+} на гидробионтов выявляется при концентрациях значительно меньших значений ПДК. Для рыб, например, он токсичен при концентрации 0.02–0.04 мг/л (Лукьяненко, 1967).

Известно (Метелев и др., 1971), что соединения свинца являются токсикантами локального действия, которые частично или полностью повреждают кожный и легочный эпителий пресноводных брюхоногих моллюсков, вызывая его слущивание и отторжение. Изъязвление кожных покровов и выстилки легочной полости сопровождаются нарушениями кожного и легочного дыхания моллюсков, в частности роговой катушки *Planorbarius corneus* (Linne, 1758) (Стадниченко и др., 1992).

Какое влияние оказывают высокие концентрации Pb^{2+} на особенности дыхания прудовика озерного до наших исследований не выяснялось.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

377 экз. прудовиков озерных *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758), собранных в р. Тетерев (Смолянка – окрестность Житомира) в 1992–1994 гг. Моллюски были спонтанно инвазированы партенитами *Echinostoma miyagawai* Ischii. Экстенсивность инвазии $41.38 \pm 4.57\%$.

Животных сериями по 20–35 экз. помещали на 2 сут в растворы азотокислого свинца (15, 50, 85 мг/л), приготовленные на дехлорированной отстаиванием (1 сут) водопроводной воде (температура воды 18–20°, pH 7.2–7.5, содержание кислорода 8.5–8.9 мг/л). В последующие 7 сут моллюсков выдерживали в дехлорированной водопроводной воде, обновляя ее через каждые сутки. Затем подопытные животные снова были помещены, но уже на 1 сут, в растворы азотокислого свинца соответственной концентрации. Исследования особенностей их легочного и кожного дыхания осуществлены по частично модифицированной методике Жадина, описанной в одной из наших более ранних работ (Стадниченко и др., 1990). В течение всего опыта (10 сут) прудовики находились на голодной диете. Все опыты сопровождались контролем.

Цифровые результаты исследования обработаны методами вариационной статистики по Лакину (1973).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что пресноводные легочные моллюски поглощают атмосферный кислород через легкое, а кислород, растворенный в воде, – через кожные покровы примерно в одинаковом количестве: 0.025 и 0.03 мл/ч на 1 г сырой массы их тела. Кислород, поглощенный легким, поступает в доминирующий компонент их внутренней среды – гемолимфу, а проникший диффузно через кожу (обычно не глубже 1 мм) – в тканевую жидкость.

Неотъемлемым элементом легочного дыхания этих животных является регулярное периодическое вентилирование их легкого. Это происходит тогда, когда содержание кислорода в легком прудовиков снижается с 21 до 13–6 %. (Fusser, Kruger, 1951).¹ О скорости использования запасов кислорода в легком моллюсков можно судить по продолжительности интервалов между очередными „вдохами“. В норме она составляет (мин) 28.56 ± 1.38 у незараженных особей (примерно столько же при слабой инвазии) и 36.85 ± 1.41 – при наличии тяжелой trematodной инвазии ($P > 99.9\%$). Как видим, интенсивно зараженные прудовики вентилируют легкое значительно реже, чем незараженные (39 и 50 раз в сутки соответственно): продолжительность интервала между двумя следующими друг за другом поднятиями для забора воздуха увеличивается у них на 29 %. Это является следствием резкого угнетения их защитно-приспособительных возможностей из-за интенсивного поражения паразитами.

Повторная экспозиция (после 7-суточного перерыва) прудовиков в среде, содержащей 15 мг/л азотокислого свинца (9.4 мг/л Pb^{2+}), вызывает сокращение продолжительности интервалов между очередными заборами воздуха у свободных от инвазии особей в 1.4, а у зараженных – в 1.8 раза ($P > 99.9\%$) (см. таблицу).

¹ Цит.: Прессер, Браун (1967).

Влияние различных концентраций (мг/л) азотнокислого свинца на легочное и кожное дыхание *Lymnaea stagnalis*
в норме и при инвазии партенитами *Echinostoma miyagawai*

Influence of different concentrations (mg/l) of nitric acetic lead on pulmonary and skin respiration of *Lymnaea stagnalis*
in the case of infection with the parthenites *Echinostoma miyagawai* and in a control

Инвазия	Интервал между очередными заборами воздуха, мин			Продолжительность забора воздуха, мин			Объем вдыхаемого воздуха, количество пузырьков			Продолжительность выживания при заполнении легкого водой, ч		
	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	V	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	σ	V
Контроль												
Нет	28.56 ± 1.38	7.82	28.99	9 ± 0.33	1.88	20.94	98.7 ± 16.27	16.27	16.49	49.94 ± 1.85	10.45	20.93
Есть	36.85 ± 1.41	6.33	17.17	11.37 ± 0.34	1.51	13.32	105.8 ± 18.03	18.03	17.04	43.95 ± 2.55	11.39	25.92
15 мг/л												
Нет	19.87 ± 0.95	6.86	34.34	11.08 ± 0.55	3.98	35.9	60.98 ± 2.18	15.11	24.77	19.13 ± 0.88	6.1	31.92
Есть	20.75 ± 0.92	5.39	25.95	13.5 ± 0.6	3.49	25.88	57.7 ± 2.63	15.08	27.57	14.73 ± 0.67	3.87	26.26
50 мг/л												
Нет	41.49 ± 1.57	9.01	21.72	10.67 ± 0.18	1.01	9.48	96.94 ± 2.46	14.13	19.66	50 ± 0.65	3.74	7.48
Есть	48.08 ± 1.83	9.16	19.04	11.93 ± 0.23	1.12	9.43	105.64 ± 3.93	19.66	18.61	47.33 ± 1.33	6.08	12.84
85 мг/л												
Нет	54.77 ± 1.51	8.93	16.3	10.01 ± 0.1	0.48	4.81	94.49 ± 2.53	15.31	16.2	41.86 ± 2.06	11.07	26.45
Есть	58.87 ± 2.12	10.15	17.23	8.36 ± 0.15	0.87	10.02	103.22 ± 3.35	16.09	15.58	41.57 ± 1.93	9.26	22.29

Адаптивные сдвиги высокой степени достоверности отмечены и по другим показателям. Так, продолжительность „вдоха” увеличивается как у незараженных, так и у зараженных прудовиков в 1.2 раза. Однако стимуляция обоих вышеупомянутых процессов нивелируется за счет резкого сокращения объема выдыхаемого воздуха: при отсутствии инвазии и при слабом заражении оно составляет 38, а при тяжелой инвазии – 48 %. Уменьшается примерно в 3 раза и выживаемость моллюсков при функционировании у них только кожного дыхания.

В среде, содержащей 50 мг/л токсиканта (31.3 мг/л Pb^{2+}), наблюдается удлинение интервалов между „вдохами” в среднем в 1.5 раза. Выраженность сдвига по обсуждаемому показателю у зараженных животных определяется интенсивностью их инвазии. При небольшом количестве паразитарных очагов в гепатопанкреасе и небольшом их объеме продолжительность интервалов между „вдохами” изменяется незначительно, в то время как при тотальном поражении пищеварительной железы происходит резкое возрастание этого показателя. Это свидетельствует о том, что незараженные и слабо зараженные прудовики успешнее противостоят весьма высоким концентрациям Pb^{2+} , превышающим значение его ПДК на 1–2 порядка, по сравнению с интенсивно инвазированными животными. Сильно зараженные третматодами особи не могут справиться с воздействием затравленной среды. Это выражается в значительном возрастании у них продолжительности интервалов между всплытиями для забора воздуха, следовательно, и понижением интенсивности их общего метаболизма. Последнее подтверждается и уменьшением продолжительности „вдохов” – у незараженных прудовиков на 7.2, у инвазированных – на 12 %. При этом объем забираемого воздуха и время сохранения жизнеспособности моллюсками с „отключенным” дыханием атмосферным воздухом находятся у всех подопытных животных на уровне, близком к норме. Этого, однако, оказывается недостаточно для поддержания оптимального жизнеобеспечения животных, на что указывает их высокая смертность в ходе опыта. К моменту его завершения она составляет в среднем 29.3 % (зараженные – 39.5, незараженные – 20.1 %).

При 85 мг/л азотнокислого свинца (53.2 мг/л Pb^{2+}) в воде у прудовиков наблюдается замедление ритма легочного дыхания. Интервалы между „вдохами” удлиняются в 1.5–2, а продолжительность забора воздуха – в 1.1–1.2 раза по сравнению с контролем. Сдвиг значения обсуждаемого показателя в сторону его возрастания указывает на то, что при повторных отравлениях моллюсков растворами азотнокислого свинца у них происходит функциональная кумуляция, ведущая к повышению реактивности их организма. Токсическим агентом такого действия является Pb^{2+} (Метелев и др., 1971).

Порог чувствительности животных к повторному воздействию на них Pb^{2+} , как оказалось, зависит от концентрации его в среде, от наличия или отсутствия третматодной инвазии и от уровня ее интенсивности. При повторном отравлении прудовиков азотнокислым свинцом наиболее заметно снижается частота „вдохов” при содержании токсиканта в воде в количестве 85 мг/л при средней и тяжелой инвазии. Следовательно, ослабленные под воздействием паразитарного фактора и длительного (10 сут) полного пищевого голода прудовики оказываются более реактивными, нежели голодающие, но незараженные особи.

При принудительном кожном дыхании (через покровы тела и заполненное водой легкое) выживаемость моллюсков контрольной группы составляет 44–50 ч. Голодание и 50 мг/л токсиканта в среде не отражаются на выживаемости как незараженных, так и инвазированных животных. Изменения вышеупомянутого показателя высокой степени достоверности ($P > 99.9 \%$) отмечены у всех, без исключения, использованных в этом опыте прудовиков при содержании азотнокислого свинца в воде в количестве 85 мг/л. Летальный исход при этом зарегистрирован у них

через 42 ч (на 6–13 ч ранее, чем у особей контрольной группы, и на 3–7 ч, чем у прудовиков, не подвергавшихся повторному воздействию токсиканта). Известно (Биргер, Маляревская, 1977), что в условиях гипоксии у моллюсков срабатывает биохимическое приспособление, позволяющее им поддерживать жизнеспособность при „отключенному” легочном дыхании (атмосферным воздухом). Оно состоит в частичном „переключении” аэробного расщепления углеводов на анаэробное (гликолиз). Повторное отравление животных азотокислым свинцом (85 мг/л) и голодание в определенной мере ослабляют эту приспособительную способность моллюсков, особенно инвазированных trematodами. Так, выживаемость прудовиков свободных от инвазии, как и слабо инвазированных trematodами, экспонированных в течение 2 сут в растворе, содержащем 85 мг/л токсиканта, составляет около 49 ч, при повторном отравлении и 10-суточном голодании – 42 ч. Для интенсивно инвазированных особей этот показатель составляет 35–37 ч.

Результаты исследования показывают, что приспособления к Pb²⁺ (даже кратковременного) у прудовиков не происходит.

Список литературы

Биргер Т. И., Маляревская А. Я. О некоторых биохимических механизмах резистентности водных беспозвоночных к токсическим веществам // Гидробиол. журн. 1977. Т. 13, № 6. С. 69–73.
Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
Лубянов И. П. Влияние промышленных сточных вод на донную фауну Днепровского водохранилища // Вопр. ихтиол. 1975. Вып. 15. С. 171–182.
Лукьяненко В. И. Токсикология рыб. М.: Пищев. пром., 1967. 216 с.
Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасокова Н. Г. Водная токсикология. М.: Колос, 1971. 247 с.
Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М.: Мир, 1967. 766 с.
Стадниченко А. П., Слащенко Н. Н., Безгодов А. М., Безман М. Л.,
Бойко Е. Ю., Василенко О. Ф., Мейнарович О. В., Пидтыченко Н.,
Сорокопуд А. И., Ткачук О. В., Томашевская И. А., Янаки Е. А.
Влияние trematodной инвазии на некоторые особенности дыхания пресноводных легочных моллюсков // Деп. в УкрНИИНТИ 28.03.90, № 582 – Ук 90. 17 с.
Стадниченко А. П., Слащенко Н. Н., Куркчи Л. Н., Томашевская И. А.,
Янаки Е. А. Влияние trematodной инвазии и воздействия азотокислым свинцом на легочное и кожное дыхание роговых катушек // Паразитология. 1992. Т. 26, вып. 1. С. 67–71.

Житомирский пединститут, 262000

Поступила 21.03.1995

IN INFLUENCE OF THE TREMATODE INFECTION AND THE ACTION WITH THE NITRIC ACID LEAD ON PULMONARY AND SKIN RESPIRATION OF LYMNAEA STAGNALIS (MOLLUSCA: LYMNAEIDAE)

A. P. Stadnichenko, N. N. Slastenko, O. V. Guzenko,
N. N. Svitel'sky, A. S. Sychevsky

Key words: *Lymnaea stagnalis*, nitric acid lead, respiration, parthenite.

SUMMARY

Peculiarities of the pulmonary and skin respiration of *Lymnaea stagnalis* in cases of 10-days starvation, infection with parthenites *Echinostoma miyagawai*, and repeated poisoning with the solution of nitric acetic lead (concentrations 15, 50, 85 mg/l). The degree of changes in such indices as the time of inspiration and length of interval between inspirations depends upon the intensivity of trematode infection and concentrations of the toxin.